

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年10月6日(06.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/157249 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/10 (2006.01) **G02B 21/06** (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01) **G02B 23/26** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/001832
- (22) 国際出願日: 2015年3月30日(30.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 嶋本 篤義(SHIMAMOTO, Atsuyoshi); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 杉村 憲司(SUGIMURA, Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

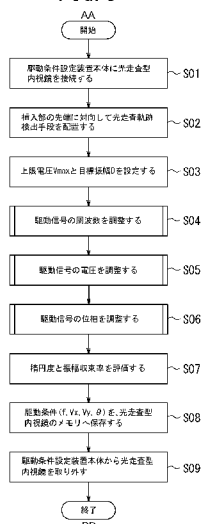
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: DRIVING CONDITION SETTING METHOD AND DRIVING CONDITION SETTING DEVICE FOR OPTICAL SCANNING DEVICE

(54) 発明の名称: 光走査装置の駆動条件設定方法および駆動条件設定装置

【図5】

FIG. 5



AA... START
S01... CONNECT OPTICAL SCANNING ENDOSCOPE TO MAIN BODY OF DRIVE CONDITION SETTING DEVICE
S02... ARRANGE OPTICAL SCANNING TRAJECTORY DETECTION MEANS FACING TIP END OF INSERTION PART
S03... SET UPPER LIMIT VOLTAGE VMAX AND TARGET AMPLITUDE D
S04... ADJUST FREQUENCY OF DRIVE SIGNAL
S05... ADJUST VOLTAGE OF DRIVE SIGNAL
S06... ADJUST PHASE OF DRIVE SIGNAL
S07... EVALUATE ELLIPTICITY AND AMPLITUDE CONVERGENCE RATE
S08... SAVE DRIVING CONDITIONS (f, Vx, Vy, θ) IN MEMORY OF OPTICAL SCANNING ENDOSCOPE
S09... DETACH OPTICAL SCANNING ENDOSCOPE FROM DRIVING CONDITION SETTING DEVICE
BB... END

(57) Abstract: Provided are a method and a device for setting driving conditions to be applied to an optical scanning device. The driving condition setting method has a step for attaching a scanning trajectory detection means, and steps (steps S03-S06) for changing a drive signal applied to an actuator, thereby adjusting the scanning trajectory detected by the scanning trajectory detection means. The adjustment step has a setting step (step S03) for setting a first drive signal value for the drive signal applied to the actuator and a target amplitude for the scanning trajectory, and a frequency determination step (step S04) for determining the frequency of the drive signal to be applied to the actuator, by comparing the target amplitude to the amplitude of the scanning trajectory detected when the frequency of the drive signal applied to the actuator is changed while driving the actuator with the first drive signal value.

(57) 要約: 光走査装置に適用される駆動条件設定方法および装置が提案される。駆動条件設定方法は、走査軌跡検出手段を取り付けるステップと、アクチュエータに印加する駆動信号を変化させることにより、走査軌跡検出手段から検出される走査軌跡を調整する調整ステップ(ステップS03~S06)とを有する。調整ステップは、アクチュエータに印加される駆動信号の第1の駆動信号値および走査軌跡の目標振幅を設定する設定ステップ(ステップS03)と、第1の駆動信号値でアクチュエータを振動させながら、アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を変化させて検出される走査軌跡の振幅を、目標振幅と比較して、アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を決定する周波数決定ステップ(ステップS04)とを有する。

WO 2016/157249 A1

明 細 書

発明の名称：

光走査装置の駆動条件設定方法および駆動条件設定装置

技術分野

[0001] 本発明は、光走査装置のための駆動条件設定方法および駆動条件設定装置に関するものである。

背景技術

[0002] レーザ等の光源からの光を導光する光ファイバを振動させて、対象物上で出射光を渦巻状の軌跡を描くように走査させる光走査装置が提案されている（例えば、特許文献 1 および特許文献 2 参照）。そのような光走査装置では、光ファイバの先端部が振動可能な状態で片持ち支持され、この先端部を圧電素子や電磁的手段を用いた駆動機構によって、光ファイバの光軸に直交し且つ互いに直交する 2 軸方向に駆動させている。この直交する 2 軸方向の振動の位相を 90° 互いにずらして、同一周波数で振動させ、振動の振幅を 0 と最大値との間で周期的に拡大、縮小させることによって、対象物上を渦巻状の走査軌跡で走査することができる。なお、以下に渦巻状の走査をスパイラル走査とも呼ぶ。

[0003] 光走査装置の光ファイバに振動を与える周波数は、光ファイバの先端部の共振周波数近傍に設定されることが多い。その理由は、駆動周波数を共振周波数近傍とすることで、少ないエネルギーでより大きな振幅での走査が可能になるからである。例えば、引用文献 2 によれば、光位置検出器（PSD：Position Sensitive Detector）を用いて、渦巻状の走査の走査軌跡を検出し、その最外周の形状を略真円とするように、印加電圧の振幅、位相差、駆動周波数等の駆動パラメータを調整する方法が開示されている。ここで、駆動周波数は、ファイバの振幅が最大となる周波数、すなわち、共振周波数に設定される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5 1 9 0 2 6 7 号公報

特許文献2：特開2 0 1 4 - 1 4 7 4 6 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、本発明者らが検討したところによれば、光ファイバを走査させるファイバ走査型の光走査装置において、光ファイバの先端部を共振周波数で振動させると、スパイラル走査の中心部で振動が十分収束せず、走査領域の中抜けが起きやすくなる。また、共振周波数で駆動させると、温度変化等の環境変化により共振周波数が僅かに変化しただけでも、走査軌跡が楕円に歪みやすく、且つ、振幅が低下し易い。そこで、共振周波数からある程度離れた周波数で、光ファイバの先端部を振動させることが好ましい。しかしながら、駆動周波数をファイバ先端部の共振周波数から適当な値だけ離すと、ファイバ先端部の振幅が低下し、走査範囲が小さくなりエネルギー効率が低下する。また、共振周波数から離し過ぎた状態で、駆動機構に印加する電圧や電流を大きくすると、駆動機構が故障や破損をする可能性もある。

[0006] したがって、これらの点に着目してなされた本発明の目的は、光走査装置における適切な駆動条件を設定する方法および装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成する駆動条件設定方法の発明は、

光源からの光を導光し、振動可能に支持された先端部から射出する光ファイバと、前記光ファイバの前記先端部を振動させるアクチュエータとを備える光走査装置に適用される駆動条件設定方法であって、

前記光ファイバの前記先端部から射出される光の走査軌跡を検出する走査軌跡検出手段を取り付けるステップと、

前記アクチュエータに駆動信号を印加して前記先端部を振動させ、前記駆動信号を変化させることにより、前記走査軌跡検出手段により検出される走

査軌跡を調整する調整ステップと

を有し、該調整ステップは、

前記アクチュエータに印加される前記駆動信号の第 1 の駆動信号値および前記走査軌跡の目標振幅を設定する設定ステップと、

前記第 1 の駆動信号値で前記アクチュエータを振動させながら、該アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を変化させて検出される走査軌跡の振幅を、前記目標振幅と比較して、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を決定する周波数決定ステップと

を有することを特徴とするものである。

[0008] 好適には、上記前記周波数決定ステップにおいて、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数は、前記光ファイバの前記先端部の共振周波数から所定値離れた周波数を初期値として、前記共振周波数に向けて変化されるようにする。

[0009] 好ましくは、前記アクチュエータは、前記光ファイバの前記先端部における光の射出方向と直交し、且つ、互いに直交する第 1 の方向及び第 2 の方向に前記光ファイバを振動させることができるように構成され、前記周波数決定ステップにより、前記第 1 の方向の振動について前記駆動信号の周波数を決定した後、決定された前記周波数により前記第 2 の方向に前記アクチュエータを振動させながら、前記アクチュエータに印加する前記第 2 の方向の駆動信号を変化させて検出される走査軌跡の振幅を、前記目標振幅と比較して、前記アクチュエータに印加する第 2 の駆動信号値を決定する、第 2 の駆動信号値決定ステップをさらに有する。

[0010] 前記第 2 の駆動信号値決定ステップは、前記第 2 の方向の前記駆動信号の振幅が所定の値を超えないように実行されることが好ましい。

[0011] さらに好ましくは、前記調整ステップは、前記第 2 の駆動信号値決定ステップの後、前記アクチュエータに対して、前記周波数決定ステップで決定された前記周波数で、前記第 1 の方向に前記第 1 の駆動信号値の駆動信号を印加し、且つ、前記第 2 の方向に前記第 2 の駆動信号値の駆動信号を印加し、

前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の外周形状において、長径を a 、短径を b とした時の楕円度 $\gamma = b / a$ の値が所定値より大きくなるように、前記第 1 の方向の駆動信号と前記第 2 の方向の駆動信号との位相差を調整する位相調整ステップを有する。あるいは、前記調整ステップは、前記第 2 の駆動信号値決定ステップの後、前記アクチュエータに対して、前記周波数決定ステップで決定された前記周波数で、前記第 1 の方向に前記第 1 の駆動信号値を振幅の最大値とする駆動信号を印加し、且つ、前記第 2 の方向に前記第 2 の駆動信号値を振幅の最大値とする駆動信号を印加し、前記光ファイバの前記先端部を渦巻状に走査させ、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の最外周形状において、長径を a 、短径を b とした時の楕円度 $\gamma = b / a$ の値が所定値より大きくなるように、前記第 1 の方向の駆動信号と前記第 2 の方向の駆動信号との位相差を調整する位相調整ステップを有することができる。

[0012] また、前記駆動条件設定方法は、前記位相調整ステップの後、前記アクチュエータに、前記第 1 の方向の振幅の最大値を前記第 1 の駆動信号値とし、前記第 2 の方向の振幅の最大値を前記第 2 の駆動信号値とする駆動信号を印加して、前記光ファイバの前記先端部を渦巻状に走査させ、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の最小振幅を最大振幅で除して得られる値を振幅収束率とすると、該振幅収束率を検査する検査ステップを有するようすることができる。

[0013] さらに、前記駆動条件設定方法は、前記周波数決定ステップで決定された前記駆動信号の周波数、前記設定ステップで設定された前記第 1 の駆動信号値、前記第 2 の駆動信号値決定ステップで決定された前記第 2 の駆動信号値、および、前記位相調整ステップで調整された前記位相差を、前記光走査装置のメモリに記憶させるようにすることが好ましい。

[0014] ここで、前記光走査装置は、光走査型内視鏡とすることができる。

[0015] 上記目的を達成する駆動条件設定装置の発明は、
光源からの光を導光し、振動可能に支持された先端部から射出する光ファ

イバと、前記光ファイバの前記先端部を振動させるアクチュエータとを備える光走査装置に適用される駆動条件設定装置であって、

前記アクチュエータを制御する制御部と、

前記光ファイバの前記先端部から射出される光の走査軌跡を検出する走査軌跡検出手段と、

を備え、

前記制御部は、前記アクチュエータに駆動信号を印加して前記先端部を振動させ、前記駆動信号を変化させることにより前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡を調整し、該調整は、前記アクチュエータに印加される前記駆動信号の第1の駆動信号値および前記走査軌跡の目標振幅を設定した後、前記第1の駆動信号値で前記アクチュエータを振動させながら、該アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を変化させて検出される走査軌跡の振幅を、前記目標振幅と比較して、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を決定することを特徴とするものである。

[0016] 好適には、前記制御部は、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を、前記光ファイバの前記先端部の共振周波数から所定値離れた周波数を初期値として、前記共振周波数に向けて変化させて、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を決定する。

[0017] 好ましくは、前記アクチュエータは、前記光ファイバの前記先端部における光の射出方向と直交し、且つ、互いに直交する第1の方向及び第2の方向に前記光ファイバを振動させることができるように構成され、前記制御部は、前記第1の方向の振動について前記駆動信号の周波数を決定した後、決定された前記周波数により前記第2の方向に前記アクチュエータを振動させながら、前記アクチュエータに印加する前記第2の方向の駆動信号を変化させて検出される走査軌跡の前記第2の方向の振幅を、前記目標振幅と比較して、前記アクチュエータに印加する第2の駆動信号値を決定するように構成されている。

[0018] さらに好ましくは、前記制御部は、前記第2の駆動信号値を決定した後、

前記アクチュエータに対して、前記周波数で前記第 1 の方向に前記第 1 の駆動信号値の駆動信号を印加し、且つ、前記第 2 の方向に前記第 2 の駆動信号値の駆動信号を印加し、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の外周形状において、長径を a 、短径を b とした時の楕円度 $\gamma = b / a$ の値が所定値より大きくなるように、前記第 1 の方向の駆動信号と前記第 2 の方向の駆動信号との位相差を調整するように構成されている。あるいは、前記制御部は、前記第 2 の駆動信号値を決定した後、前記アクチュエータに対して、前記周波数で前記第 1 の方向に前記第 1 の駆動信号値を振幅の最大値とする駆動信号を印加し、且つ、前記第 2 の方向に前記第 2 の駆動信号値を振幅の最大値とする駆動信号を印加し、前記光ファイバの前記先端部を渦巻状に走査させ、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の最外周形状において、長径を a 、短径を b とした時の楕円度 $\gamma = b / a$ の値が所定値より大きくなるように、前記第 1 の方向の駆動信号と前記第 2 の方向の駆動信号との位相差を調整するように構成することができる。

[0019] また、前記制御部は、前記位相差を調整した後、前記アクチュエータに、前記第 1 の方向の振幅の最大値を前記第 1 の駆動信号値とし、前記第 2 の方向の振幅の最大値を前記第 2 の駆動信号値とする駆動信号を印加して、前記光ファイバの前記先端部を渦巻状に走査させ、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の最小振幅を最大振幅で除して得られる値を振幅収束率とすると、該振幅収束率を検査するように構成されていることが好ましい。

[0020] さらに、前記駆動条件設定装置は、前記駆動信号の周波数、前記第 1 の駆動信号値、前記第 2 の駆動信号値、および、前記位相差を、前記駆動条件設定装置のメモリに記憶させるように構成されていることが好ましい。

[0021] なお、本願において、「走査軌跡検出手段」とは、光ファイバの振動により投影される光の走査軌跡を 2 次元的に検出する手段であって、例えば、光位置検出器（PSD：Position Sensitive Detector）や荷電結合素子（CCD：Charge Coupled Device）などの画像センサを用いることができる。ある

いは、「走査軌跡検出手段」としては、走査軌跡をスクリーン上に投影し、ヒトの眼で確認する方法であってもよい。または、光走査装置内部に配置され、光ファイバの先端部の位置を検出する検出器であっても良い。また、「光走査装置」は、光ファイバの先端部を振動させて対象物上を走査させる走査装置である。光走査装置としては、光走査型内視鏡や光走査型投影装置（プロジェクタ）のように、光ファイバの振幅より広い領域に光を照射する広角光学系を有するもの、および、光走査型顕微鏡のように光ファイバの振幅に対して光を投影する範囲が狭い狭焦点光学系の装置を含む。「第1の駆動信号値」および「第2の駆動信号値」は、駆動信号の振幅を表すものとする。例えば、圧電素子を駆動する場合は、振動電圧の振幅値である。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、光走査装置における適切な条件を設定する方法および装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]一実施の形態に係る駆動条件設定装置に光走査型内視鏡を接続した状態を示すブロック図である。

[図2]図1の光走査型内視鏡の先端部の断面図である。

[図3]光走査型内視鏡のアクチュエータを照明用光ファイバとともに示す図であり、図3（a）は側面図、図3（b）は図3（a）のA-A断面図である。

[図4]スパイラル走査の走査軌跡の一部を示す図である。

[図5]図1の駆動条件設定装置を用いて駆動条件設定を実行するフローチャートである。

[図6]駆動信号の周波数調整処理のフローチャートである。

[図7]光ファイバの先端部のX方向およびY方向の振幅の周波数特性の一例を示す図である。

[図8]表示装置に表示されるY方向の照明光の軌跡を示す図である。

[図9]駆動信号の電圧調整処理のフローチャートである。

[図10]表示装置に表示されるX方向の照明光の走査軌跡を示す図である。

[図11]駆動信号の位相調整処理のフローチャートである。

[図12]P S Dを用いて検出される楕円状の軌跡の一例を示す図である。

[図13]スパイラル走査の振幅収束率を説明するための図であり、(a)は最大振幅値($h_{\max}$)を示し、(b)は最小振幅値($h_{\min}$)を示す。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

[0025] (第1実施の形態)

図1は、本発明の第1実施の形態に係る駆動条件設定装置に光走査型内視鏡30(光走査装置)を接続した状態を示すブロック図である。駆動条件設定装置は、駆動条件設定装置本体10とP S D 20(走査軌跡検出手段)とを備える。また、駆動条件設定装置本体10には、必要に応じて、ディスプレイ等の表示装置18や、キーボード、マウス、および／またはタッチパネル等の入力装置19が接続されている。光走査型内視鏡30は、接続部31により駆動条件設定装置本体10に対して接続される。また、P S D 20は、検出面上の光スポットの位置を検出する検出器であり、スポット位置の座標に対応する電圧値を検出信号として出力する。

[0026] 駆動条件設定の対象となる光走査型内視鏡30は、内視鏡装置の所謂スコープ部分であり、光走査型内視鏡30の内部を挿通された照明用光ファイバ33(光ファイバ)と、照明用光ファイバ33の先端部33aの振動を駆動させるアクチュエータ34と、アクチュエータ34に駆動信号を伝達する駆動信号線35と、光走査型内視鏡30の内部(例えば、接続部31)に内蔵されるメモリ36を備える。また、光走査型内視鏡30には、照明光の照射による反射光や蛍光等の被検出光を受光して伝達する受光用光ファイバ37(図2参照)が挿通されている。

[0027] 内視鏡観察時の状態では、光走査型内視鏡30は、接続部31により光走査型内視鏡装置の制御装置本体に接続され、内視鏡画像の生成に使用される。光走査型内視鏡装置本体は、光走査型内視鏡30に光を供給する光源部、

アクチュエータ 34 を駆動するための駆動回路、光走査型内視鏡 30 で受光した画素データから画像を生成する画像処理回路等を備える。このような光走査型内視鏡装置は、例えば、日本国特許出願公開特開 2014-44265 号公報、特開 2014-145941 号公報等に記載されている。光走査型内視鏡 30 は、通常、制御装置本体とは別に流通しており、本発明の駆動条件設定装置は、主に製品出荷時において光走査型内視鏡 30 の駆動条件設定を行うためのものである。

[0028] 駆動条件設定装置本体 10 は、内視鏡観察時の制御装置本体と同様に光走査型内視鏡 30 の接続部 31 に接続可能に構成されている。駆動条件設定装置本体 10 は、駆動条件設定装置本体 10 全体を制御する制御部 11 と、光走査型内視鏡 30 に対して駆動条件設定用の照明光を供給する光源部 12 と、光走査型内視鏡 30 のアクチュエータ 34 を駆動する駆動回路 13 と、P S D 20 からの出力を受けこれ进行处理する演算回路 14 と、演算回路 14 から出力される駆動条件を示す駆動パラメータを記憶する記憶部 15 とを備える。

[0029] 光源部 12 は、例えば、レーザダイオード、D P S S レーザ（半導体励起個体レーザ）等の光源を備える。光走査型内視鏡 30 で内視鏡観察を行う場合は、カラー画像を得るために波長の異なる光を射出する複数の光源を使用する場合があるが、駆動条件設定装置本体 10 では、駆動条件設定用に単一の光源があれば良い。光源部 12 の発光タイミングは、制御部 11 によって制御される。光源部 12 から射出される光は、照明用光ファイバ 16 に入射され、駆動条件設定装置本体 10 の筐体と光走査型内視鏡 30 の接続部 31 との間で光走査型内視鏡 30 の照明用光ファイバ 33 に結合されている。照明用光ファイバ 16, 33 としては、例えば、シングルモード光ファイバを用いることができる。

[0030] 駆動回路 13 は、光走査型内視鏡 30 のアクチュエータ 34 に、内視鏡観察時と同様の駆動信号を供給する。後述するように、照明用光ファイバ 33 の先端部 33 a が圧電素子により駆動される場合は、駆動回路 13 は、圧電

素子の駆動電圧を供給する。駆動回路 13 の出力は駆動信号線 17 に供給される。駆動信号線 17 は、駆動条件設定装置本体 10 の筐体と光走査型内視鏡 30 の接続部 31 との間で光走査型内視鏡 30 の駆動信号線 35 に接続される。駆動回路 13 もまた、制御部 11 により駆動開始のタイミングを制御される。

[0031] 演算回路 14 は、PSD 20 から出力される照明光の受光面上の照射位置に対応する検出信号を、検出信号線 21 を介して取得し、この信号を照射位置の座標値 (x , y) に変換する。さらに、演算回路 14 は、変換した座標値 (x , y) から走査軌跡を算出し、順次制御部 11 に出力する。これにより制御部 11 は、光走査型内視鏡 30 の走査軌跡の情報を得る。また、演算回路 14 は、必要に応じて取得した照明光の走査軌跡を表示装置 18 に表示する。これによって、駆動条件設定装置の使用者は、表示装置 18 上で走査軌跡を確認することができる。制御部 11 に出力される走査軌跡および表示装置に表示される走査軌跡は、後述する駆動条件の設定に使用される。制御部 11 は、駆動条件として決定された駆動パラメータを記憶部 15 に格納されるように構成される。

[0032] 次に、光走査型内視鏡 30 の駆動機構について説明する。図 2 は、図 1 の光走査型内視鏡 30 の挿入部 32 の先端部 32a (波線で示した部分) の断面図である。光走査型内視鏡 30 の挿入部 32 の先端部 32a は、アクチュエータ 34、投影用レンズ 38a、38b、中心部を通る照明用光ファイバ 33 および外周部を通る複数の受光用光ファイバ 37 を含んで構成される。受光用光ファイバ 37 は、内視鏡観察時に被検出光の検出用に使用されるものであり、駆動条件設定には使用されないので詳しい説明を省略する。アクチュエータ 34 は、取付環 39 により挿入部 32 の内部に固定されたアクチュエータ管 40、並びに、アクチュエータ管 40 内に配置されるファイバ保持部材 41 および圧電素子 42a~42d (図 3 (a) および (b) 参照) を含んで構成される。

[0033] 照明用光ファイバ 33 は、ファイバ保持部材 41 で支持されるとともにフ

ファイバ保持部材 4 1 から先端部 3 3 a まだが、振動可能に支持された揺動部 3 3 b となっている。また、投影用レンズ 3 8 a、3 8 b は、挿入部 3 2 の最先端に配置される。投影用レンズ 3 8 a、3 8 b は、照明用光ファイバ 3 3 の先端部 3 3 a から射出されたレーザ光を、観察対象物上に略集光するように構成されている。したがって、P S D 2 0 は、受光面がこの集光位置に一致するように位置決めされる。なお、投影用レンズは、二枚構成に限られず、一枚や他の複数枚のレンズにより構成される場合もある。

[0034] 図 3 は、光走査型内視鏡 3 0 のアクチュエータ 3 4 を照明用光ファイバ 3 3 とともに示す図であり、図 3 (a) は側面図、図 3 (b) は図 3 (a) の A-A 断面図である。照明用光ファイバ 3 3 は角柱状の形状を有するファイバ保持部材 4 1 の中央を貫通し、これによってファイバ保持部材 4 1 によって固定され保持される。ファイバ保持部材 4 1 の 4 つの側面は、それぞれ照明用光ファイバ 3 3 の先端部 3 3 a における光の射出方向（光軸方向）である + Z 方向に垂直で、且つ互いに直交する、+ Y 方向および + X 方向並びにこれらの反対方向に向いている。そして、ファイバ保持部材 4 1 の + Y 方向および - Y 方向には Y 方向駆動用の一対の圧電素子 4 2 a、4 2 c が固定され + X 方向および - X 方向には X 方向駆動用の一対の圧電素子 4 2 b、4 2 d が固定される。ファイバ保持部材 4 1 を挟んで対向配置された圧電素子 4 2 b、4 2 d が、互いに一方が伸びるとき他方が縮むことによって、ファイバ保持部材 4 1 に撓みを生じさせ、これを交互に繰り返すことにより X 方向の振動を生ぜしめる。Y 方向の振動についても同様である。

[0035] 駆動回路 1 3 は、X 方向駆動用の圧電素子 4 2 b、4 2 d と Y 方向駆動用の圧電素子 4 2 a、4 2 c とに、同一の周波数の振動電圧を印加し、あるいは、異なる周波数の振動電圧を印加し、振動駆動させることができる。Y 方向駆動用の圧電素子 4 2 a、4 2 c と X 方向駆動用の圧電素子 4 2 b、4 2 d とをそれぞれ振動駆動させると、図 2、図 3 に示した照明用光ファイバ 3 3 の揺動部 3 3 b が振動し、先端部 3 3 a が偏向するので、先端部 3 3 a から出射されるレーザ光は P S D 2 0 の受光面を走査する。スパイラル走査の

場合は、X方向とY方向に同一周波数で互いに位相が 90° 異なり振幅が0と最大値との間で変化する振動電圧を印加する。これによって、PSD20の受光面が、図4に示すような渦巻状の軌跡を描くように走査される。図4において、実線は振幅拡大時の走査軌跡の例を示し、波線は、振幅縮小時の走査軌跡の例を示す。

[0036] 次に、駆動条件を設定する方法について説明する。図5は、図1の駆動条件設定装置を用いて駆動条件設定を実行するフローチャートである。

[0037] まず、本駆動条件設定装置の使用者は、駆動条件設定装置本体10に、図1に示すように光走査型内視鏡30を接続する（ステップS01）。これによって、駆動条件設定装置本体10の照明用光ファイバ16および駆動信号線17が、それぞれ、光走査型内視鏡30の照明用光ファイバ33および駆動信号線35と接続される。

[0038] 次に、使用者は、光走査型内視鏡30の挿入部32の先端部32aを固定し、先端部32aから照射される照明光がスポットを形成する集光面上に、PSD20の受光面が一致するように、PSD20を配置する（ステップS02）。ここで、PSD20の検出信号線21は、駆動条件設定装置本体10の演算回路14に接続されている。なお、PSD20は、光走査型内視鏡30の照明用光ファイバ33の先端部33aを振動させない状態で、射出された照明光がPSD20の座標原点を照射するように配置する。さらに、X方向またはY方向の一方向にだけ照明用光ファイバ33の先端部33aを駆動させ、PSD20の座標軸方向と照明用光ファイバ33の直線走査の方向を一致させる。このため、PSD20の位置調整および回転調整のための機構が設けられていることが好ましい。

[0039] さらに、圧電素子42a～42dに印加する上限電圧の振幅 V_{max} （第1の駆動信号値）と目標振幅Dとを設定する（ステップS03）。ステップS03は、設定ステップに相当する。一般に、圧電素子は、電圧を印加すると結晶内部の分極による変形を生じる。しかしながら、圧電素子にその分極が反転するほどの電圧を印加すると、圧電素子が破壊され分極が消失してし

もう可能性がある。このため、圧電素子 42a～42d に印加する電圧としては、予め安全を見込んだ上限値を設定する。また、目標振幅 D としては、所望の照明光の照射範囲を得るための走査振幅を設定する。ここで、目標振幅は、照明用光ファイバ 33 の先端部 33a の振幅を設定しても良いし、投影用レンズ 38a, 38b 透過後の照射位置での振幅を設定するようにしても良い。本実施の形態では、PSD20 によって得られる照明光の照射位置での振幅を設定するものとする。目標振幅 D は、光走査型内視鏡 30 の場合、観察可能な視野の広さに対応する。また視野の形状は、必ずしも真円ではなく、必要に応じて楕円でも良く、X 方向と Y 方向とで目標振幅 D を変えてもよい。

[0040] ステップ S03 に続いて、ステップ S04～S06 では、アクチュエータ 34 に駆動信号を印加して照明用光ファイバ 33 の先端部 33a を振動させ、印加する駆動信号を調整することにより PSD20 から得られる走査軌跡を円形状の走査軌跡となるように調整する。ステップ S03～ステップ S06 は、調整ステップに相当する。

[0041] まず、駆動信号の周波数の調整を行う（ステップ S04）。ステップ S04 は、周波数決定ステップに相当する。駆動信号の周波数の調整は、図 6 の駆動信号の周波数調整処理のフローチャートに詳細を示しているので、以下に図 6 を参照して説明する。

[0042] まず X 方向、Y 方向のそれぞれについて、照明用光ファイバの振動の共振周波数 f_x , f_y を設定する（ステップ S11）。共振周波数 f_x , f_y は、光走査型内視鏡 30 の設計値から有限要素法等を用いて予測しても良いし、駆動条件設定装置本体 10 に接続された状態で測定しても良い。共振周波数を測定する場合は、X 方向および Y 方向のそれぞれについて個別に、周波数を変えながら駆動回路 13 からアクチュエータ 34 に振動電圧を印加する。照明用光ファイバ 33 の先端部 33a から射出される照明光の振幅を PSD20 により検知し、最大振幅が得られる周波数を共振周波数として決定することができる。あるいは、駆動条件設定装置本体 10 に図示しないインピ

ードンスアナライザを設け、照明用光ファイバ33の駆動周波数を変化させながらインピーダンス測定により共振周波数を測定しても良い。いずれの場合も、駆動回路13からアクチュエータ34に印加する電圧は、共振周波数で振動させた場合でも照明用光ファイバ33が破損しないように、例えば上限電圧 V_{max} の $1/10$ 程度の十分低い値とする。

[0043] 次に、X方向の共振周波数 f_x とY方向の共振周波数 f_y とを比較し（ステップS12）、 f_x の方が大きい場合（この場合、第1の方向はY方向であり、第2の方向はX方向である）は、Y方向の一次元走査を行うことによって、周波数を決定する。まず、Y方向の駆動電圧を V_{max} に設定し、駆動周波数の初期値 f_0 を

$$f_0 = f_x + \Delta f$$

に設定する（ステップS13）。すなわち、X方向の共振周波数 f_x よりも所定の周波数 Δf だけ上側に f_0 を設定する。 Δf は、例えば共振周波数の $\pm 2\%$ 以上であることが好ましい。

[0044] 次に、光源部12を発光させながら、アクチュエータ34により、照明用光ファイバ33の先端部33aをY方向に振動させる。この様子を、図7を用いて説明する。図7には、同一の駆動電圧に対する、X方向およびY方向の振幅の周波数特性を示している。実線はX方向、波線はY方向の照明用光ファイバ33の先端部33aの振幅の周波数に対する変化を示している。ステップS12で比較したように、X方向の共振周波数 f_x の方がY方向の共振周波数 f_y よりも大きい。また、駆動周波数の初期値 f_0 は、 f_x よりも十分高い周波数に設定される。そして、制御部11の制御により駆動回路13は、Y方向の走査のために印加する駆動周波数を、初期値 f_0 から徐々に低い周波数へ向けて掃引する（ステップS14）。このとき、PSD20により、照明光の照射位置が検出され、検出信号線21を介して演算回路14でY方向の走査軌跡が算出される。駆動周波数を徐々に下げていくと、走査振幅は徐々に拡大し目標振幅Dに近づいていく。制御部11は、走査振幅を目標振幅Dと比較し（ステップS15）、目標振幅Dの近傍になったところ

で、駆動周波数 f を決定して走査を終了する（ステップ S 1 9）。なお、目標振幅 D の近傍とは、例えば、目標振幅 $D \pm 10\%$ の範囲である。 $\pm 10\%$ の範囲であれば、 X 方向または Y 方向に伸縮していたとしても、あまり大きな歪みとはならない。

[0045] また、 Y 方向の走査軌跡は、必要に応じて表示装置 1 8 に表示させることもできる。図 8 は、表示装置 1 8 に表示される Y 方向の照明光の走査軌跡を示している。表示される走査軌跡の振幅 h は、周波数を低下させるとともに目標振幅 D に近づく。駆動周波数 f は、制御部 1 1 が決定するのではなく、このように表示装置 1 8 に表示される画像を確認しながら、使用者によって決定されるようにしても良い。なお、図 6 のフローチャートには記載していないが、駆動周波数を f_0 から下げていき、 X 方向の共振周波数 f_x に到達してもステップ 1 5 で Y 方向の振幅が目標振幅 D に達しない場合は、以下のステップ S 1 6 ～ステップ S 1 8 の手順に切り替えて実行する。それでも、目標振幅 D に達しない場合は、その光走査型内視鏡 3 0 は不良であるとみなされ、以下の処理を中止する。

[0046] 一方、ステップ S 1 2 において、 X 方向の共振周波数 f_x の方が Y 方向野共振周波数 f_y よりも大きくない場合（この場合、第 1 の方向は X 方向であり、第 2 の方向は Y 方向である）は、 X 方向の駆動電圧 V_x を V_{max} とし、駆動周波数の初期値 f_0 を

$$f_0 = f_y + \Delta f$$

に設定する（ステップ S 1 6）。そして、 X 方向について駆動周波数の初期値 f_0 から走査させつつ、駆動周波数を周波数の低い方に掃引する（ステップ S 1 7）。そして、 X 方向の振幅が目標振幅 D の近傍になったところで（ステップ S 1 8）、駆動周波数 f を決定し走査を終了する（ステップ S 1 9）。

[0047] なお、上記説明では、駆動周波数の初期値 f_0 を共振周波数 f_x 、 f_y よりも周波数の高い側に設定したが、低い側に設定することもできる。例えば、 $f_x > f_y$ の場合には、 $V_x = V_{max}$ 、 $f_0 = f_y - \Delta f$

と設定し、アクチュエータ 34 を駆動して照明用光ファイバ 33 の先端部 33a を X 方向に走査させる。そして、周波数を徐々に増大させ、振幅 h が目標振幅 D になった時の周波数を駆動周波数 f として決定することができる。

[0048] 次に、図 5 に戻り、駆動信号の電圧を調整する（ステップ S05）。ただし、図 6 の駆動信号の周波数を調整するフローチャートの中で、既に X 方向または Y 方向の何れか一方の駆動電圧は、 V_{max} に設定されている。したがって、ステップ S05 では、駆動信号の電圧を決定していないもう一方の駆動電圧の振幅（第 2 の駆動信号値）を決定する。ステップ S05 は、第 2 の駆動信号値決定ステップに相当する。この処理のフローを図 9 の駆動信号の電圧調整処理のフローチャートを用いて説明する。

[0049] まず、図 6 のフローチャートと同様に、X 方向の共振周波数 f_x と Y 方向の共振周波数 f_y との大小関係により処理が分かれる。まず、 $f_x > f_y$ の場合（ステップ S21）、以下のステップ S22～S25 により、X 方向の駆動電圧 V_x （第 2 の駆動信号値）を決定する。この場合、Y 方向の駆動電圧 V_y は、既にステップ S13 で V_{max} （第 1 の駆動信号値）に設定されている。

[0050] まず、制御部 11 の制御により、光源部 12 を発光させながら、駆動回路 13 がアクチュエータ 34 を駆動周波数 f で X 方向に走査させる（ステップ S22）。照明光の照射位置は、PSD20 により検出され演算回路 14 により算出される。このとき、駆動電圧 V_x を 0 から徐々に大きくしていく（ステップ S23）。これによって、X 方向の走査振幅は、0 から徐々に拡大する。ここで、図 7 に示すように、Y 方向と同じ駆動電圧（即ち V_{max} ）を印加した場合、駆動周波数 f では X 方向の走査軌跡の振幅は目標振幅 D よりも大きくなる。したがって、 $0 < V_x < V_{max}$ の範囲で、走査軌跡の振幅が目標振幅 D となる駆動電圧 V_x が存在する。したがって、X 方向の駆動電圧 V_x の決定は、駆動信号の振幅が V_{max} （所定の値）を超えないように実行される。制御部 11 は X 方向の走査振幅が目標振幅 D の近傍になるまで駆動電圧 V_x を増大し、走査振幅が目標振幅 D の近傍になったと判断した

時は（ステップS 2 4）、その時の値に駆動電圧 V_x を決定し走査を終了させる（ステップS 2 5）。なお、ここでも、目標振幅Dの近傍とは、例えば、目標振幅D $\pm 10\%$ の範囲である。また、X方向とY方向との目標振幅は必ずしも同じでなくて良い。

[0051] なお、ステップS 2 2～ステップS 2 5において、PSD 2 0により検出され演算回路 1 4により算出された照明光の走査軌跡は、必要に応じて表示装置 1 8に表示される。図 1 0は、表示装置 1 8に表示されるX方向の照射光の走査軌跡を示す図である。駆動電圧 V_x が増加するにつれて、X方向の走査振幅hは目標振幅Dに近づく。駆動電圧 V_x は、制御部 1 1ではなく、このように表示装置 1 8に表示される画像を確認しながら、使用者が決定するようにしても良い。

[0052] 一方、ステップS 2 1において、 $f_x > f_y$ ではない場合、ステップS 2 6～S 2 9によりY方向の駆動電圧 V_y を決定する。この場合、X方向の駆動電圧 V_x は、ステップS 1 6で V_{max} に設定されている。まず、光源部 1 2を発光させながら、アクチュエータ 3 4が駆動周波数 f でY方向に駆動される（ステップS 2 6）。次に、駆動電圧 V_y を0から徐々に大きくし（ステップS 2 7）、Y方向の走査振幅を0から徐々に拡大する。制御部 1 1が、Y方向の走査振幅が目標振幅Dの近傍になったと判断した時は（ステップS 2 8）、その時の電圧値に V_y を決定し走査を終了させる（ステップS 2 9）。この場合も、駆動電圧 V_y は、表示装置 1 8に表示される画像を確認しながら、制御部 1 1ではなく使用者が決定するようにしても良い。

[0053] 次に、図 5 のフローチャートに戻り、駆動信号の位相調整を行う（ステップS 0 6）。ステップS 0 6は、位相調整ステップに相当する。理想的なスパイラル走査を行うためには、アクチュエータ 3 4に印加されるX方向とY方向の駆動電圧の位相は、 90° ずれていることが望ましい。しかし、実際の光ファイバを走査する場合には、駆動回路 1 3からアクチュエータ 3 4への信号の遅れがX方向とY方向とで異なることなどを原因として、位相ずれが生じる。このため、駆動信号の位相調整を行うことが必要になる。

[0054] 図 1 1 は、駆動信号の位相調整処理を示すフローチャートである。まず、駆動回路 1 3 において、駆動周波数と X 方向および Y 方向の駆動電圧の振幅を、ステップ S 0 4 および S 0 5 で決定した周波数 f と駆動電圧 V_x および V_y に設定する。次に、駆動回路 1 3 から、初期位相差として位相を 90° ずらした駆動信号をアクチュエータ 3 4 に印加する（ステップ S 3 1）。理想的には、アクチュエータ 3 4 は照明用光ファイバ 3 3 の先端部 3 3 a を、円軌道を描くように走査するが、位相ずれが生じているとその軌道は楕円に変形する。

[0055] 図 1 2 は、PSD 2 0 を用いて検出される楕円状の軌跡の一例を示す図である。ここで、 a は楕円の長径（長軸の長さの $1/2$ ）であり、 b は楕円の短径（短軸の長さの $1/2$ ）である。また、 $\gamma = b/a$ で定義される γ は楕円度を示す。制御部 1 1 は、演算回路 1 4 で算出される走査経路から、楕円度 γ を計算し、走査軌跡を真円に近づけるように、駆動回路 1 3 からアクチュエータ 3 4 に送信される X 方向および Y 方向の駆動信号の位相差を調整する（ステップ S 3 2）。この調整は、 γ が、所定値より大きくなるまで、例えば、 $\gamma > 0.9$ を満たすまで行う（ステップ S 3 3）。この場合、 $\gamma > 0.9$ となった時の位相差を X 方向および Y 方向の駆動信号間の位相差 θ として決定する（ステップ S 3 4）。なお、楕円度 γ を判定するための所定値は 0.9 に限られず、他の値を設定することも可能である。 γ の値を 1 に近づけるほど、照明光の走査軌跡を真円に近くすることができる。

[0056] 以上のステップ S 0 4 ~ S 0 6 によって、駆動回路 1 3 における駆動パラメータとして、周波数 f 、X 方向の駆動電圧の振幅 V_x 、Y 方向の駆動電圧の振幅 V_y および X 方向および Y 方向の駆動信号の位相差 θ が決定される。次にこれらの駆動パラメータを用いて、スパイラル走査を行い走査軌跡の最外周の楕円度と振幅収束率を評価する（ステップ S 0 7）。ステップ S 0 7 は、検査ステップに相当する。ここで、X 方向および Y 方向の駆動電圧の振幅 V_x 、 V_y は、スパイラル走査における最大振幅に設定される。

[0057] ステップ S 0 4 ~ S 0 6 において、円軌道となるようにアクチュエータ 3

4 を駆動する駆動パラメータを決定した。しかし、スパイラル走査を行う場合には、走査軌跡に歪みが生じ、走査領域が円形とならない場合が発生し得るので、ステップ S 0 7 においてスパイラル走査の走査軌跡を確認するフローを行う。例えば、走査軌跡の最外周の楕円度 γ が 0. 9 より小さければ、光走査型内視鏡 3 0 は、不良と判定される。

[0058] 一方、振幅収束率とは、スパイラル走査における走査中心における中抜けの発生を評価する指標であり、以下のように定義する。まず、図 1 3 (a) にスパイラル走査の 1 フレームにおける、1次元方向 (X方向又はY方向) の走査軌跡の時間変化の一例を示す。また、図 1 3 (b) に振幅の最小値付近での1次元方向の走査軌跡を拡大して示す。1 フレーム中におけるファイバ振幅の最大値を $h_{\max}$ 、最小値を $h_{\min}$ とすると、振幅収束率は、

$$h_{\min} \div h_{\max} \times 100 [\%]$$

により定義される。対象物への走査領域の最大半径は、振幅の最大値 $h_{\max}$ と紐付けられる。一方、ファイバが 0 に減衰しない場合、走査領域の中心部は中抜けし、走査されない領域が発生する。その領域の半径は振幅の最小値 $h_{\min}$ と紐付けられる。中抜けが生じると、画像中心部の画素情報が欠損するという問題が生じる。

[0059] 光走査型内視鏡 3 0 が同じく細径化可能なバンドルファイバを用いたイメージライトガイドと比べ、解像力の点で優れた効果を得るためには、少なくとも 100×100 画素相当以上の画像表示が望ましい。 100×100 画素の画像において、前述の振幅収束率が 2 % であるとする、中心部の画素情報欠損は $100 \times 0.02 = 2$ 画素となる。2 画素以下ならば、画素補間処理等の画像処理によって、解像感に著しい影響を及ぼさないが、それ以上であると、画像中心部の解像感に大きな影響を与えてしまう。よって、光走査型内視鏡 3 0 では、振幅収束率は 2 % 以下であることが望ましい。例えば、振幅収束率が 2 % を超える場合は、光走査型内視鏡 3 0 は不良品と判定することができる。

[0060] 次に、ステップ S 0 7 により適正な範囲の楕円度と振幅収束率とが得られ

た場合は、制御部 11 によって、または、使用者の操作によって、演算回路 14 で算出された、周波数 f 、X 方向の駆動電圧の振幅 V_x 、Y 方向の駆動電圧の振幅 V_y および X 方向および Y 方向の駆動信号の位相差 θ の各駆動条件を示す駆動パラメータが、光走査型内視鏡 30 内のメモリ 36 に格納される（ステップ S08）。各駆動パラメータは、駆動条件設定装置本体 10 の記憶部 15 にいったん保存され、この記憶部 15 からメモリ 36 へダウンロードすることによって行うことができる。あるいは、記憶部 15 には、駆動条件設定装置本体 10 に着脱可能な、可搬型の記憶媒体（メモリカード等）が装着され、使用者が駆動条件の算出後にこれを駆動条件設定装置本体 10 から取り外して、光走査型内視鏡 30 の所定の場所にメモリ 36 として挿入するようにしても良い。

[0061] 最後に、使用者が駆動条件設定装置本体 10 から光走査型内視鏡 30 を取り外して、駆動条件の設定が終了する（ステップ S09）。

[0062] 以上のようにして、光走査型内視鏡 30 は、メモリ 36 に駆動パラメータを保持する。光走査型内視鏡 30 を用いて内視鏡観察を行う際には、前述のように光走査型内視鏡 30 は光源および駆動回路、画像処理部を有する制御装置本体に接続される。制御装置本体は、光走査型内視鏡 30 のメモリ 36 から駆動パラメータを読み出し、この駆動パラメータに基づいて、駆動回路を駆動しアクチュエータ 34 を動作させる。

[0063] なお、上記の駆動条件設定のプロセスを環境条件を変えて複数回行い、異なる環境条件ごとの駆動パラメータをメモリ 36 に格納するようにすることができる。例えば、温度条件を 15°C 、 25°C 、 35°C のように変えることが考えられる。あるいは、湿度や光走査型内視鏡 30 の先端部 32a の押圧状態を変えて駆動パラメータを測定することもできる。光走査型内視鏡 30 が実際の観察に使用される場合は、環境条件に応じた駆動パラメータをメモリ 36 から読みだして、駆動条件を設定することができる。また、光走査型内視鏡 30 のズーム状態、即ち、照明用光ファイバ 33 の先端部 33a と投影用レンズ 38a、38b との距離等の観察条件に応じて、駆動パラ

メータを測定してメモリ 36 に格納することもできる。

[0064] 本発明によれば、上記駆動条件設定装置を用いて、上述の駆動条件設定手順に従って駆動パラメータを決定しているので、光走査装置に適切な駆動条件を設定できる。これによって、光走査型内視鏡 30 は観察時においても、X 方向および Y 方向の共振周波数 f_x , f_y から離れた駆動周波数 f で、走査軌跡の振幅が目標振幅 D となるように走査をするので、所望とする視野範囲を走査することができる。また、駆動周波数 f を共振周波数 f_x , f_y から離れているので、温度変化等の環境変化が生じて、走査軌跡に歪みや中抜けが生じにくく、安定した走査軌跡で光走査をすることができる。

[0065] さらに、X 方向の駆動電圧および Y 方向の駆動電圧を、圧電素子 42 a ~ 42 d の安全を見込んだ最大の印加電圧 V_{max} 以下の適正な電圧値とすることによって、アクチュエータ 34 へ過度の電圧又は電流が印加されることにより、故障や寿命の劣化が生じることを抑制することができる。また、共振周波数 f_x , f_y から所定値離れた周波数から、共振周波数に徐々に近づけながら駆動周波数を決定するので、光ファイバの先端部が共振周波数で振動され、ファイバの振幅が大きくなりすぎるために破損が生じることを避けることができる。

[0066] さらに、X 方向と Y 方向とについて、それぞれ、走査軌跡の振幅が目標振幅 D に調整されるので、アクチュエータ 34 の構造に製造上のバラツキがあっても、直交する 2 軸方向の振幅が等しい走査を行うことができる。また、楕円度 γ が所定値より大きくなるように位相調整を行い、X 方向の駆動信号と Y 方向の駆動信号の位相差を決定したので、最外周が真円に近いスパイラル走査軌跡となるように、照明用光ファイバ 33 を走査させることができる。さらに、決定された駆動パラメータを用いて、スパイラル走査の軌跡を評価し、軌跡の歪みや中抜けを確認するようにしたので、不良を把握することができる。

[0067] また、駆動条件の決定手順をアルゴリズムとして規定したので、各光走査型内視鏡 30 ごとに、駆動条件設定装置によって自動的に駆動条件を決定す

ることが可能である。さらに、決定された駆動条件を駆動パラメータとして、光走査型内視鏡30内部のメモリにダウンロードすることができるので、光走査型内視鏡への駆動条件の設定も自動化できる。

[0068] なお、本発明は、上記実施の形態にのみ限定されるものではなく、幾多の変形または変更が可能である。たとえば、光走査装置の光ファイバを駆動する方法としては圧電素子を用いる方法に限られず、電磁コイルと永久磁石とを用いた電磁的な駆動方法によりアクチュエータを構成することもできる。その場合、駆動回路はアクチュエータに印加する電圧を制御するものに代えて、電流を制御するようにする。

[0069] さらに、上記実施の形態において、制御部、光源部、駆動回路、演算回路および記憶部を同一の駆動条件設定装置本体に内蔵されるものとしたが、これらは、別体のハードウェアとしても良い。また、上記実施の形態は、光走査装置の出荷前の駆動条件の設定に適用するものとしたが、これに限られず、使用開始後の光走査装置の駆動条件を調整するために適用することもできる。さらに、上記実施の形態では、内視鏡観察用の制御装置本体とは別に、駆動条件設定装置本体を設けたが、駆動条件設定装置本体の機能を内視鏡観察用の制御装置本体に内蔵させて、使用者がPSDと接続して駆動条件の調整を行えるようにしても良い。

[0070] 走査軌跡検出手段としては、PSDを用いたがこれに限られない。例えば、CCDなどの画像センサを走査装置からの光の集光位置に配置しても良い。あるいは、照明光の照射位置にスクリーンを配置して、スクリーン上で観察される照明光の走査軌跡を使用者が目視で確認して、入力装置を介して操作して各種駆動パラメータを設定するようにしても良い。

[0071] また、目標振幅としては、上記実施の形態ではPSD受光面で検出される走査軌跡の振幅としたが、走査軌跡の振幅を投影光学系の倍率で割った値を目標振幅としても良い。この場合は、目標振幅は光ファイバ先端部の振幅となる。また、目標振幅に走査振幅を近づけるための駆動電圧の調整は、例えば、駆動回路の電圧アンプのゲインを調整することによって行うことができ

る。同様に、電磁的な駆動方法を用いる場合は、電流アンプのゲイン調整により駆動電流を調整することができる。

[0072] また、光走査装置は光走査型内視鏡に限られず、ファイバを走査する光走査型顕微鏡や光走査型投影装置（プロジェクタ）に適用することも可能である。また、上記実施の形態では、光走査装置である光走査型内視鏡は、光源および駆動回路を備えていなかったが、これらを内蔵する光走査装置に対しても本発明を適用することができる。その場合、駆動条件設定装置は、少なくとも光走査装置に接続される駆動条件設定装置本体の制御部と、走査軌跡検出手段と、走査軌跡検出手段が検出した位置情報を格納する記憶装置を含み、制御部の制御のもと光走査装置の光源および駆動回路を駆動してファイバを走査させ、光スポットの位置をPSDにより検出して、駆動条件の設定を行い駆動パラメータを記憶装置に格納すれば良い。その他、駆動条件設定装置の構成としては、種々の変形形態が可能である。

産業上の利用可能性

[0073] 本発明に係る駆動条件設定装置および駆動条件設定方法は、光走査装置の製品出荷前の駆動条件設定等に好適に使用することができる。

符号の説明

[0074]

10	駆動条件設定装置本体
11	制御部
12	光源部
13	駆動回路
14	演算回路
15	記憶部
16	照明用光ファイバ
17	駆動信号線
18	表示装置
19	入力装置
20	PSD

- 2 1 検出信号線
- 3 0 光走査型内視鏡
- 3 1 接続部
- 3 2 挿入部
- 3 2 a 先端部
- 3 3 照明用光ファイバ
- 3 3 a 先端部
- 3 3 b 揺動部
- 3 4 アクチュエータ
- 3 5 駆動信号線
- 3 6 メモリ
- 3 7 受光用光ファイバ
- 3 7 a 先端部
- 3 8 a, 3 8 b 投影用レンズ
- 3 9 取付環
- 4 0 アクチュエータ管
- 4 1 ファイバ保持部材
- 4 2 a, 4 2 b, 4 2 c, 4 2 d 圧電素子

請求の範囲

- [請求項1] 光源からの光を導光し、振動可能に支持された先端部から射出する光ファイバと、前記光ファイバの前記先端部を振動させるアクチュエータとを備える光走査装置に適用される駆動条件設定方法であって、
- 前記光ファイバの前記先端部から射出される光の走査軌跡を検出する走査軌跡検出手段を取り付けるステップと、
- 前記アクチュエータに駆動信号を印加して前記先端部を振動させ、前記駆動信号を変化させることにより、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡を調整する調整ステップと
- を有し、該調整ステップは、
- 前記アクチュエータに印加される前記駆動信号の第1の駆動信号値および前記走査軌跡の目標振幅を設定する設定ステップと、
- 前記第1の駆動信号値で前記アクチュエータを振動させながら、該アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を変化させて検出される走査軌跡の振幅を、前記目標振幅と比較して、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を決定する周波数決定ステップと
- を有することを特徴とする駆動条件設定方法。
- [請求項2] 前記周波数決定ステップにおいて、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数は、前記光ファイバの前記先端部の共振周波数から所定値離れた周波数を初期値として、前記共振周波数に向けて変化される請求項1に記載の駆動条件設定方法。
- [請求項3] 前記アクチュエータは、前記光ファイバの前記先端部における光の射出方向と直交し、且つ、互いに直交する第1の方向及び第2の方向に前記光ファイバを振動させることができるように構成され、前記周波数決定ステップにより、前記第1の方向の振動について前記駆動信号の周波数を決定した後、決定された前記周波数により前記第2の方向に前記アクチュエータを振動させながら、前記アクチュエータに印加する前記第2の方向の駆動信号を変化させて検出される走査軌跡の

振幅を、前記目標振幅と比較して、前記アクチュエータに印加する第2の駆動信号値を決定する、第2の駆動信号値決定ステップをさらに有することを特徴とする請求項1または2に記載の駆動条件設定方法。

[請求項4] 前記第2の駆動信号値決定ステップは、前記第2の方向の前記駆動信号の振幅が所定の値を超えないように実行される請求項3に記載の駆動条件設定方法。

[請求項5] 前記調整ステップは、前記第2の駆動信号値決定ステップの後、前記アクチュエータに対して、前記周波数決定ステップで決定された前記周波数で、前記第1の方向に前記第1の駆動信号値の駆動信号を印加し、且つ、前記第2の方向に前記第2の駆動信号値の駆動信号を印加し、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の外周形状において、長径を a 、短径を b とした時の楕円度 $\gamma = b / a$ の値が所定値より大きくなるように、前記第1の方向の駆動信号と前記第2の方向の駆動信号との位相差を調整する位相調整ステップを有することを特徴とする請求項3または4に記載の駆動条件設定方法。

[請求項6] 前記調整ステップは、前記第2の駆動信号値決定ステップの後、前記アクチュエータに対して、前記周波数決定ステップで決定された前記周波数で、前記第1の方向に前記第1の駆動信号値を振幅の最大値とする駆動信号を印加し、且つ、前記第2の方向に前記第2の駆動信号値を振幅の最大値とする駆動信号を印加し、前記光ファイバの前記先端部を渦巻状に走査させ、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の最外周形状において、長径を a 、短径を b とした時の楕円度 $\gamma = b / a$ の値が所定値より大きくなるように、前記第1の方向の駆動信号と前記第2の方向の駆動信号との位相差を調整する位相調整ステップを有することを特徴とする請求項3または4に記載の駆動条件設定方法。

[請求項7] 前記位相調整ステップの後、前記アクチュエータに、前記第1の方

向の振幅の最大値を前記第 1 の駆動信号値とし、前記第 2 の方向の振幅の最大値を前記第 2 の駆動信号値とする駆動信号を印加して、前記光ファイバの前記先端部を渦巻状に走査させ、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の最小振幅を最大振幅で除して得られる値を振幅収束率とすると、該振幅収束率を検査する検査ステップを有する請求項 5 または 6 に記載の方法。

[請求項 8] 前記周波数決定ステップで決定された前記駆動信号の周波数、前記設定ステップで設定された前記第 1 の駆動信号値、前記第 2 の駆動信号値決定ステップで決定された前記第 2 の駆動信号値、および、前記位相調整ステップで調整された前記位相差を、前記光走査装置のメモリに記憶させるステップを有する請求項 5 から 7 の何れか一項に記載の方法。

[請求項 9] 前記光走査装置は、光走査型内視鏡であることを特徴とする請求項 1 から 8 の何れか一項に記載の方法。

[請求項 10] 光源からの光を導光し、振動可能に支持された先端部から射出する光ファイバと、前記光ファイバの前記先端部を振動させるアクチュエータとを備える光走査装置に適用される駆動条件設定装置であって、
前記アクチュエータを制御する制御部と、
前記光ファイバの前記先端部から射出される光の走査軌跡を検出する走査軌跡検出手段と、
を備え、

前記制御部は、前記アクチュエータに駆動信号を印加して前記先端部を振動させ、前記駆動信号を変化させることにより前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡を調整し、該調整は、前記アクチュエータに印加される前記駆動信号の第 1 の駆動信号値および前記走査軌跡の目標振幅を設定した後、前記第 1 の駆動信号値で前記アクチュエータを振動させながら、該アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を変化させて検出される走査軌跡の振幅を、前記目標振幅と比較

して、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を決定することを特徴とする駆動条件設定装置。

[請求項11] 前記制御部は、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を、前記光ファイバの前記先端部の共振周波数から所定値離れた周波数を初期値として、前記共振周波数に向けて変化させて、前記アクチュエータに印加する駆動信号の周波数を決定することを特徴とする請求項10に記載の駆動条件設定装置。

[請求項12] 前記アクチュエータは、前記光ファイバの前記先端部における光の射出方向と直交し、且つ、互いに直交する第1の方向及び第2の方向に前記光ファイバを振動させることができるように構成され、前記制御部は、前記第1の方向の振動について前記駆動信号の周波数を決定した後、決定された前記周波数により前記第2の方向に前記アクチュエータを振動させながら、前記アクチュエータに印加する前記第2の方向の駆動信号を変化させて検出される走査軌跡の前記第2の方向の振幅を、前記目標振幅と比較して、前記アクチュエータに印加する第2の駆動信号値を決定するように構成されている請求項10または11に記載の駆動条件設定装置。

[請求項13] 前記制御部は、前記第2の駆動信号値を決定した後、前記アクチュエータに対して、前記周波数で前記第1の方向に前記第1の駆動信号値の駆動信号を印加し、且つ、前記第2の方向に前記第2の駆動信号値の駆動信号を印加し、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の外周形状において、長径を a 、短径を b とした時の楕円度 $\gamma = b/a$ の値が所定値より大きくなるように、前記第1の方向の駆動信号と前記第2の方向の駆動信号との位相差を調整するように構成されている請求項12に記載の駆動条件設定装置。

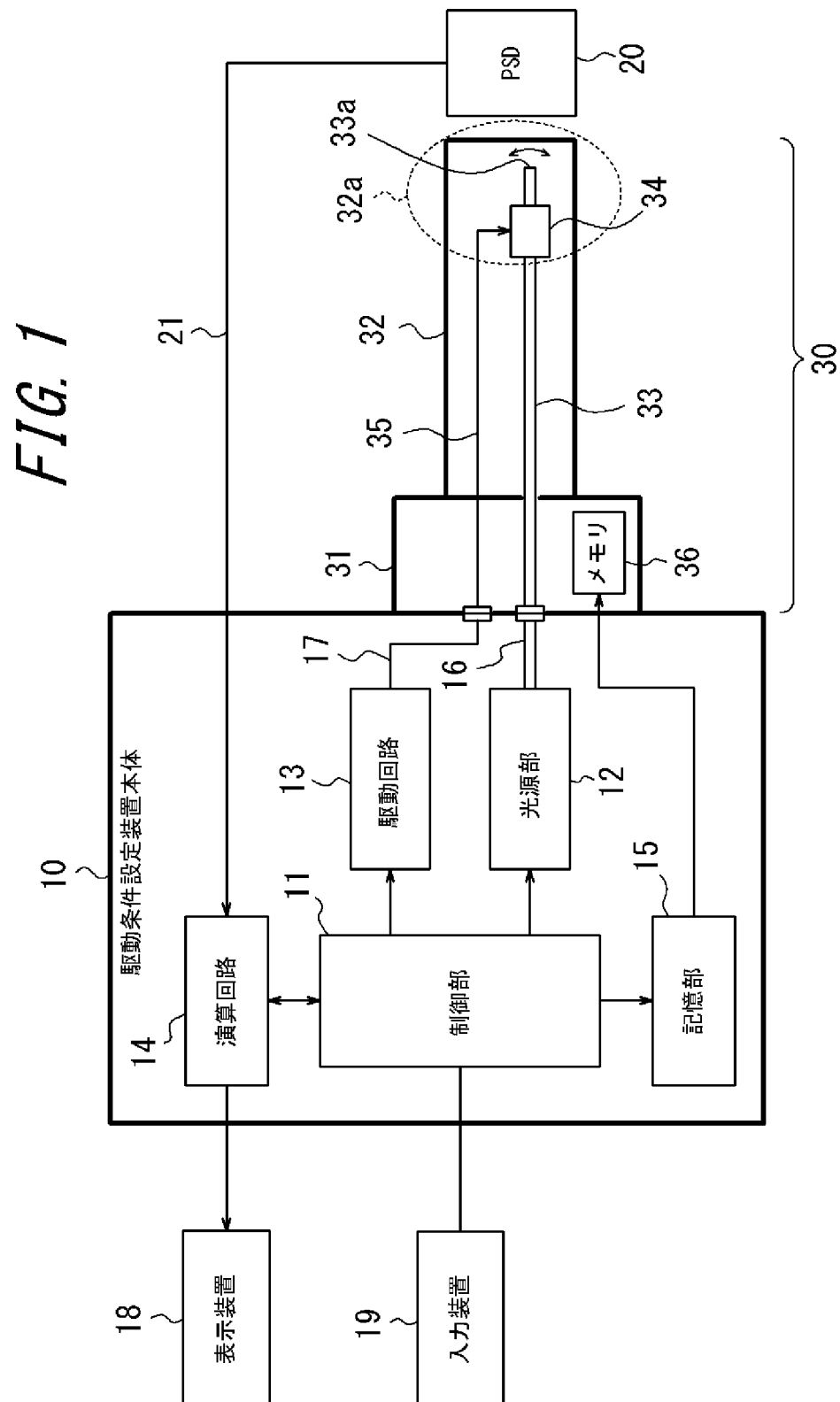
[請求項14] 前記制御部は、前記第2の駆動信号値を決定した後、前記アクチュエータに対して、前記周波数で前記第1の方向に前記第1の駆動信号値を振幅の最大値とする駆動信号を印加し、且つ、前記第2の方向に

前記第 2 の駆動信号値を振幅の最大値とする駆動信号を印加し、前記光ファイバの前記先端部を渦巻状に走査させ、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の最外周形状において、長径を a 、短径を b とした時の楕円度 $\gamma = b / a$ の値が所定値より大きくなるように、前記第 1 の方向の駆動信号と前記第 2 の方向の駆動信号との位相差を調整するように構成されている請求項 1 2 に記載の駆動条件設定装置。

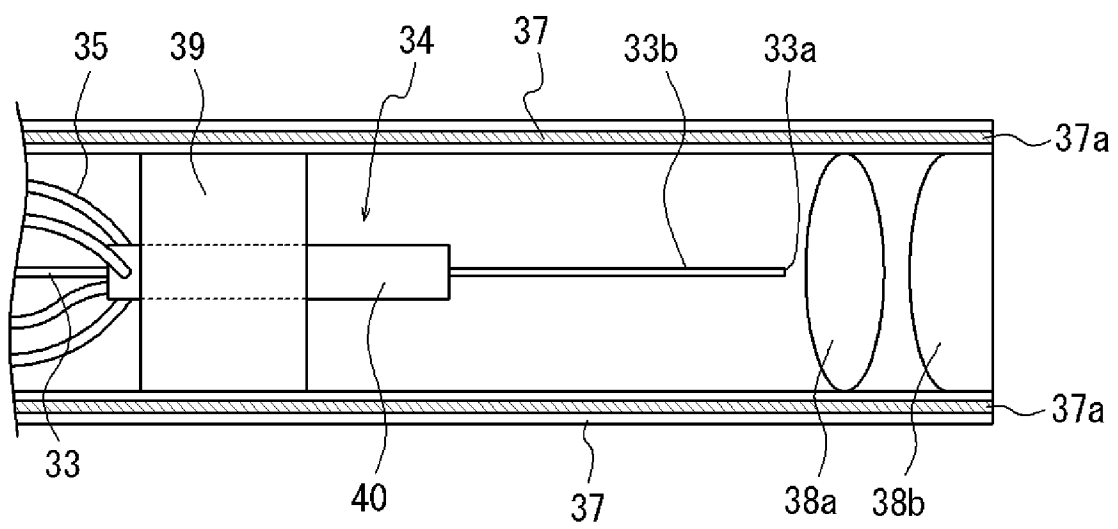
[請求項15] 前記制御部は、前記位相差を調整した後、前記アクチュエータに、前記第 1 の方向の振幅の最大値を前記第 1 の駆動信号値とし、前記第 2 の方向の振幅の最大値を前記第 2 の駆動信号値とする駆動信号を印加して、前記光ファイバの前記先端部を渦巻状に走査させ、前記走査軌跡検出手段により検出される走査軌跡の最小振幅を最大振幅で除して得られる値を振幅収束率とすると、該振幅収束率を検査するように構成されている請求項 1 3 または 1 4 に記載の駆動条件設定装置。

[請求項16] 前記駆動信号の周波数、前記第 1 の駆動信号値、前記第 2 の駆動信号値、および、前記位相差を、前駆動条件設定記光走査装置のメモリに記憶させるように構成されている請求項 1 3 から 1 5 の何れか一項に記載の装置。

[図1]



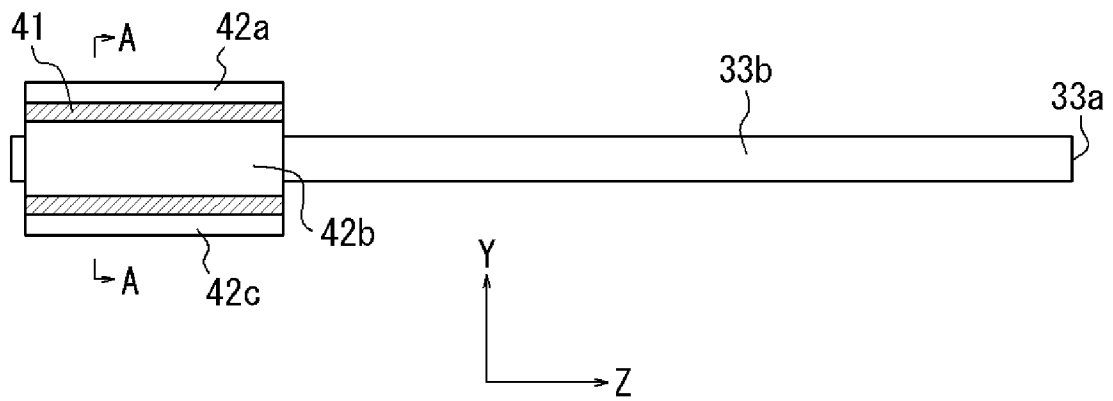
[図2]

FIG. 2

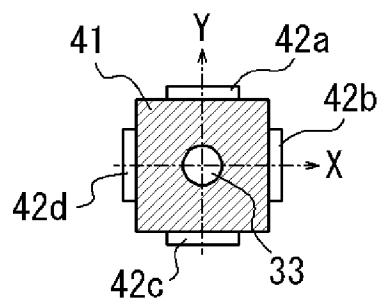
[図3]

FIG. 3

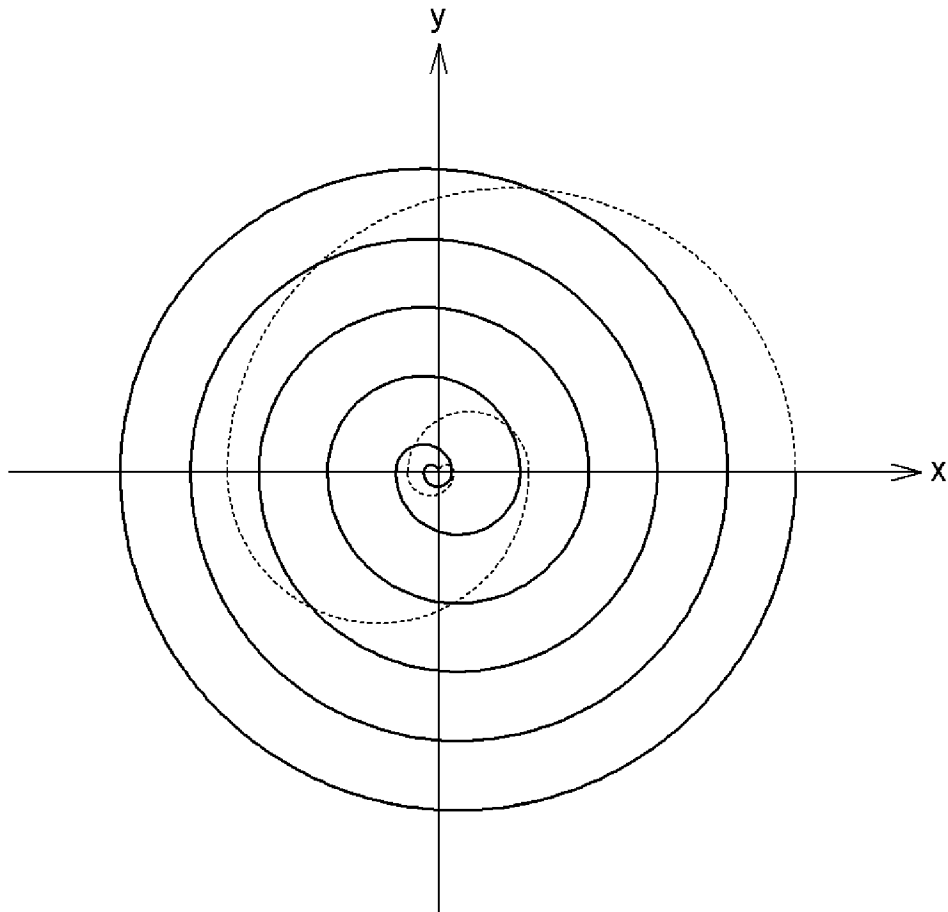
(a)



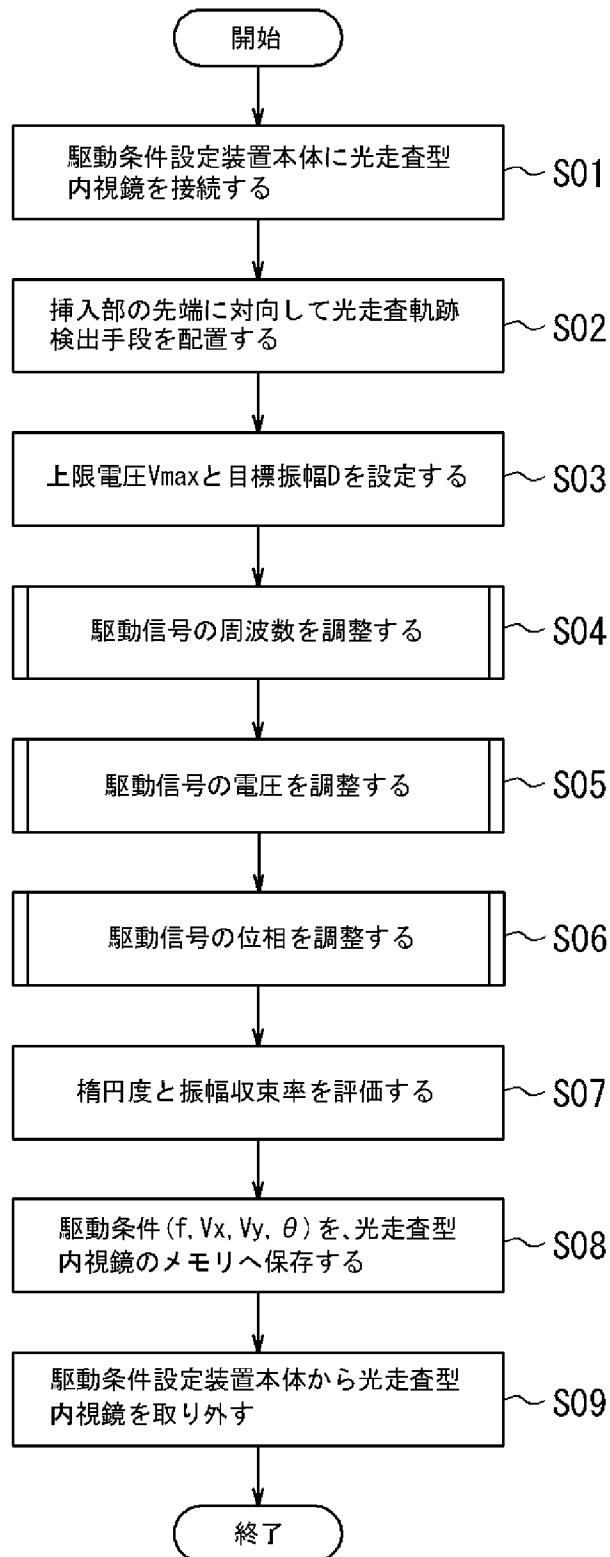
(b)



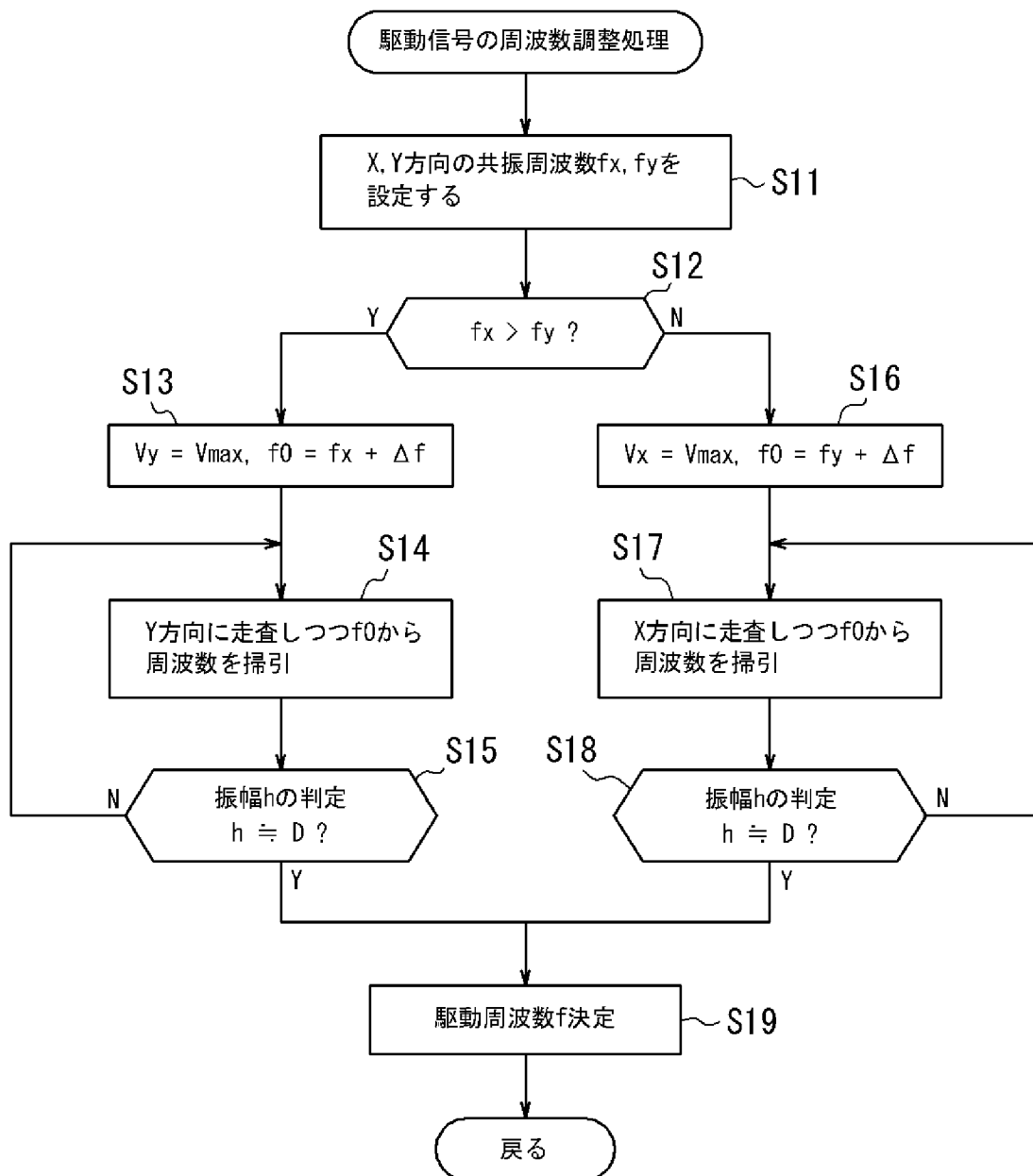
[図4]

FIG. 4

[図5]

FIG. 5

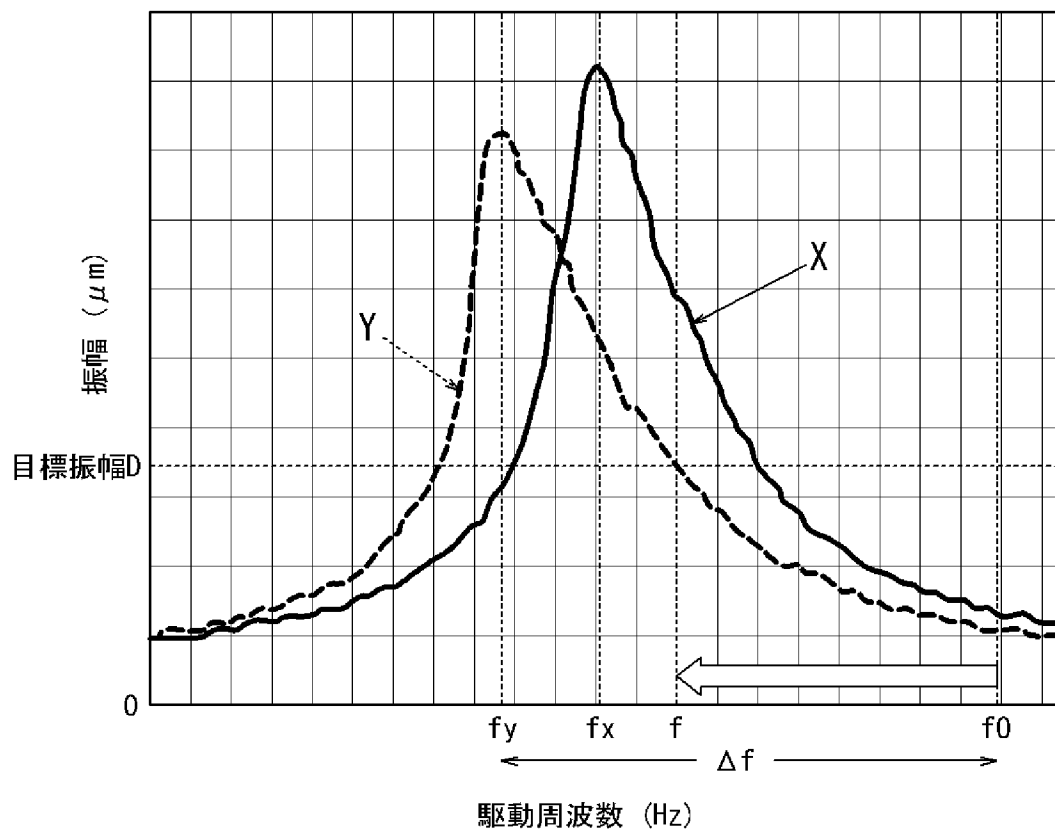
[図6]

FIG. 6

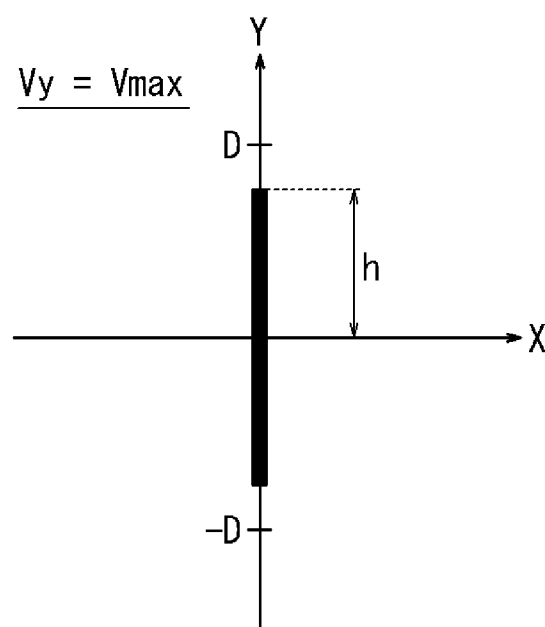
[図7]

FIG. 7

振幅の周波数特性

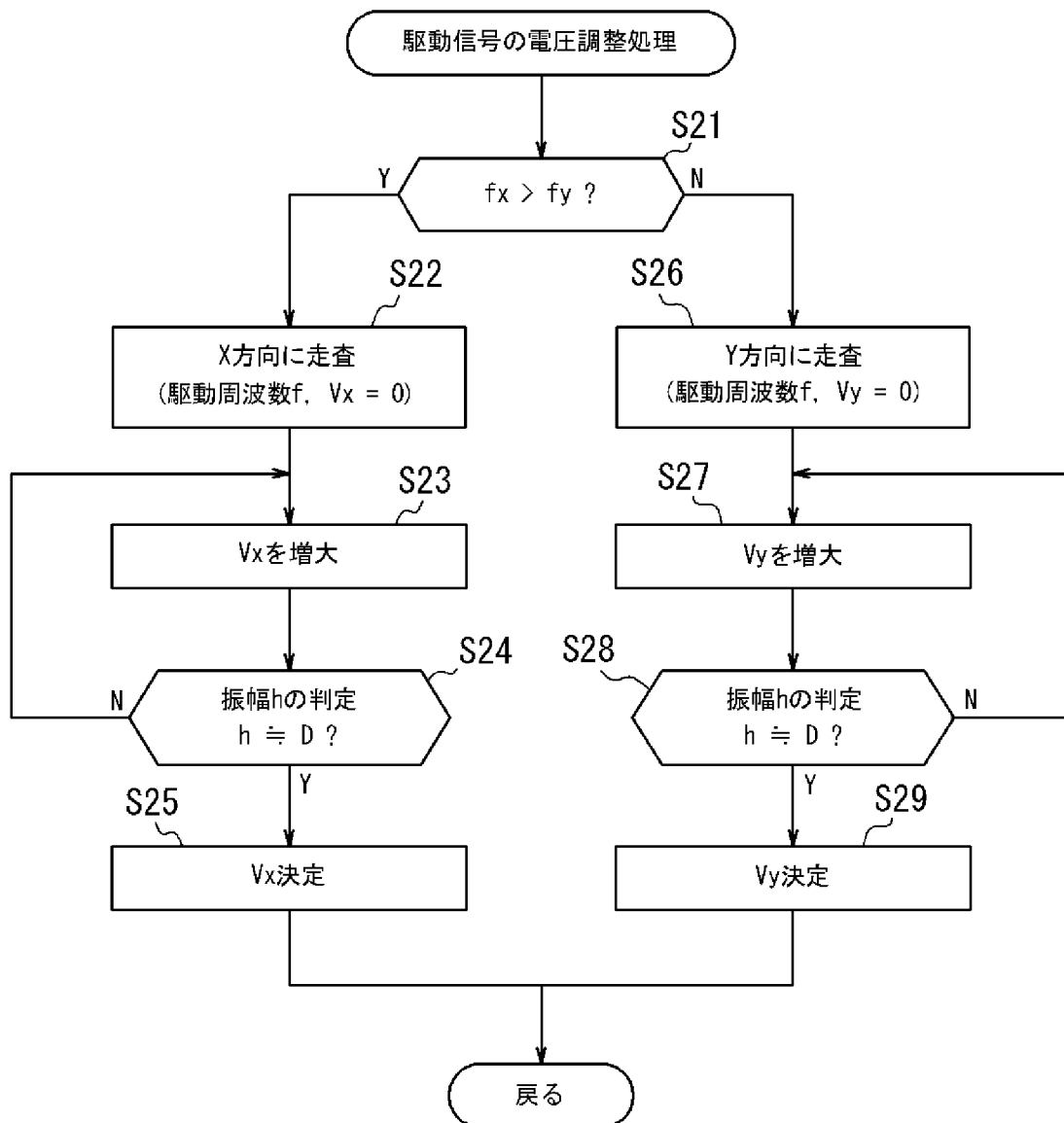


[図8]

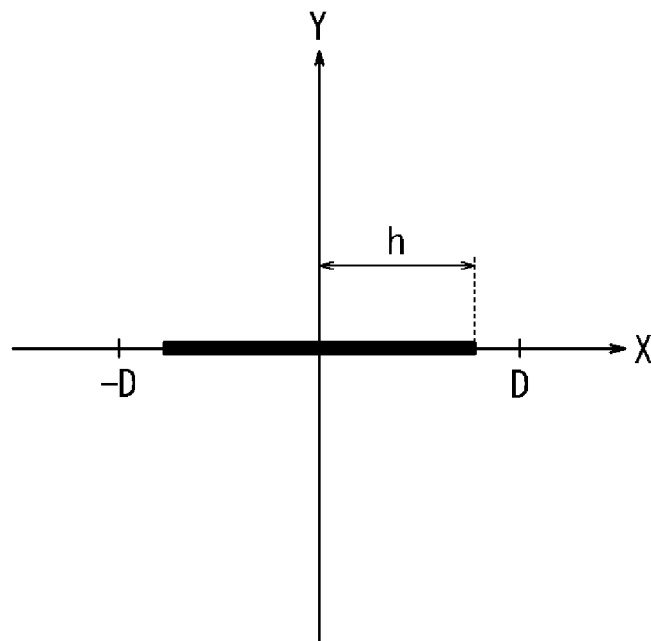
FIG. 8

[図9]

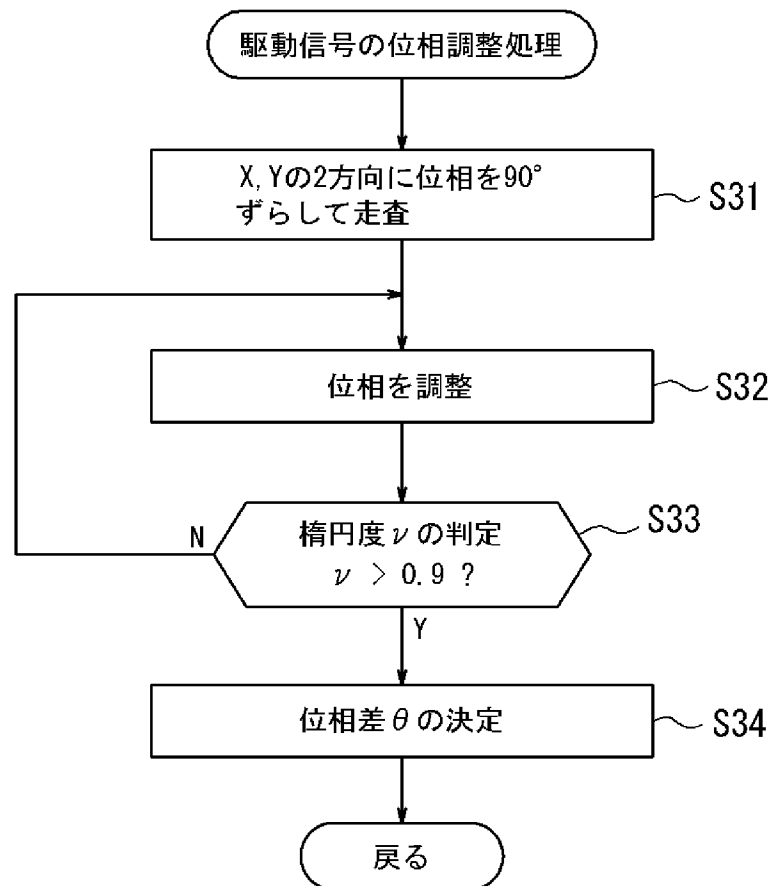
FIG. 9



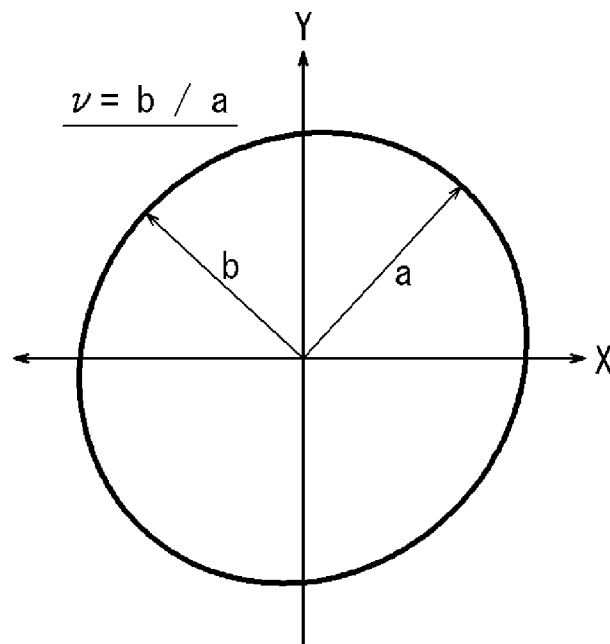
[図10]

FIG. 10

[図11]

FIG. 11

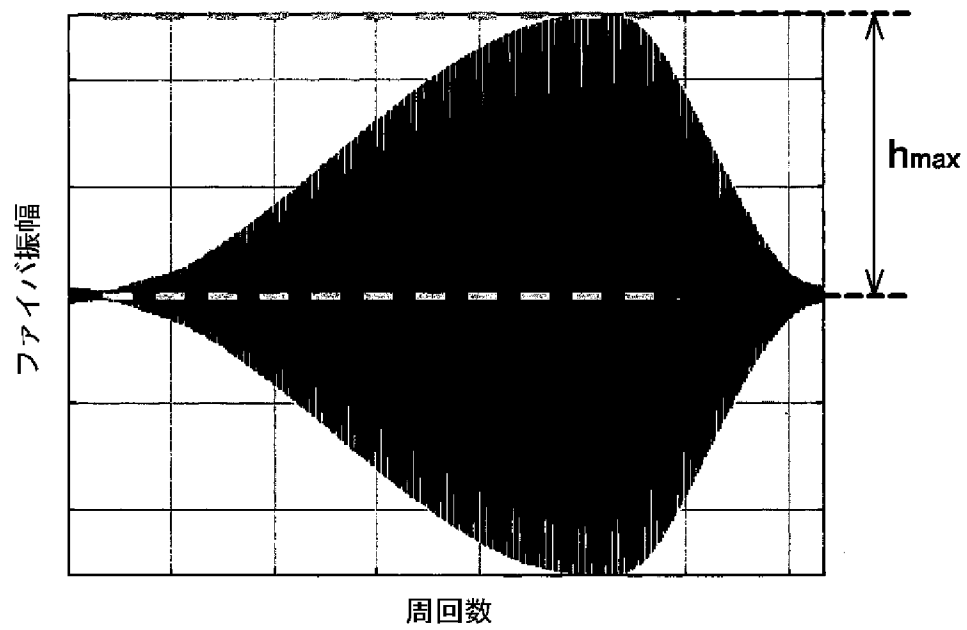
[図12]

FIG. 12

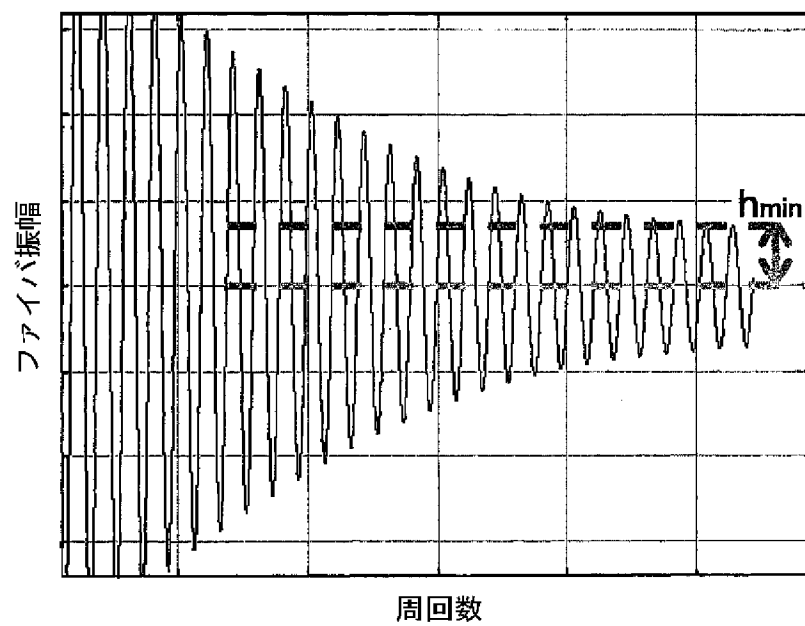
[図13]

FIG. 13

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/001832

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B26/10(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B21/06(2006.01)i, G02B23/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B26/10, A61B1/00, G02B21/06, G02B23/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-147462 A (Hoya Corp.), 21 August 2014 (21.08.2014), entire text; fig. 1 to 17 (Family: none)	1-16
A	JP 2014-198089 A (Hoya Corp.), 23 October 2014 (23.10.2014), entire text; fig. 1 to 13 (Family: none)	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 June 2015 (08.06.15)

Date of mailing of the international search report
16 June 2015 (16.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B26/10(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B21/06(2006.01)i, G02B23/26(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B26/10, A61B1/00, G02B21/06, G02B23/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-147462 A（HOYA株式会社）2014. 08. 21, 全文, 第 1-17 図（ファミリーなし）	1-16
A	JP 2014-198089 A（HOYA株式会社）2014. 10. 23, 全文, 第 1-13 図（ファミリーなし）	1-16

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

鈴木 俊光

2 L

9 1 1 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5